东祁连山河谷高寒草地植被群落特征及其与土壤性状的关系①

马 瑞， 赵锦梅
（甘肃农业大学林学院，甘肃 兰州 730070）

摘 要：为探究东祁连山河谷高寒草地植被群落特征与土壤性状的关系，根据研究区河谷地形地貌及河谷高寒草地分布特征，选取了分布在河谷山地阳坡上部和下部、河谷山地阴坡上部和下部及河谷水平阶地的5类不同植被类型的高寒草地为研究对象。研究草地植被群落和土壤性状特征及相关关系。结果表明：河谷中不同坡向、坡位高寒草地植被群落优势种不同，河谷阳坡高寒草地以嵩草属植物为主，阴坡以蓼属植物为主；阴坡植被总盖度高，阳坡低；河谷阴坡下部草层高度最高，而水平阶地最小；植被群落总科数、总属数和总种数均表现为坡下部高于上部，阴坡高于阳坡；地上生物量依次为：阴坡下部 > 阳坡上部 > 阴坡上部 > 阳坡下部 > 水平阶地；0 ~ 60 cm 土层地下生物量依次为：阴坡下部 > 阳坡下部 > 阴坡上部 > 水平阶地 > 阳坡上部。不同高寒草地土壤性状之间有显著差异（$P < 0.05$）。相关分析表明，土壤含水量、容重、孔隙度和全氮等指标与植被总盖度、地上生物量、总科数、草地平均高度有显著的相关关系。可见，研究区河谷高寒草地植被与土壤之间的影响主要表现为土壤含水量、容重、孔隙度和全氮与植被总盖度、地上生物量、总科数、草地平均高度间的相互作用。

关键词：高寒草地；植被群落；土壤性状；相关关系；祁连山

探讨草地植被群落特征与环境因子间的关系一直以来是草地生态学研究的主要问题之一[1-2]。在一定环境条件下植被群落在演化过程中形成了特定的分布与生长特征[3-4]，这些特征体现了植被对不同生境的气候、地形和土壤等条件的适应[5]。研究表明，植被群落是生物群体和环境条件共同驱动形成的集合[6]，土壤作为植物生长的重要基础[7]，其理化性状会对植物的生长、组成、分布和植物群落特征等产生多方面和多尺度的影响[8-10]。尤其在山地和河谷等地貌类型复杂多变的地区，植物与土壤间的作用更加强烈，二者间通过相互影响、相互作用，使得山地和河谷地区植被群落特征也趋于多样化和复杂化[11]。因此，明确山地与河谷植被群落特征与土壤之间的关系和作用机制，有助于深入理解山地与河谷地貌类型下高寒草地植被群落的演替、土壤生态及生态环境变化与发展过程[12]，对于山区植被恢复与利用亦具有重要的意义。

祁连山东段地处青藏高原最东缘，其自然环境脆弱而敏感[13]。高寒草地是该区域内广泛分布的植被类型，对当地生态环境的维持与改善具有重要作用。祁连山区地形复杂，多为山地与河谷地形。山地与河谷地形有明显的水、热和土壤性状等差异，分布在其中的高寒草地生态系统也存在很大的异质性[14]。目前，已对山地植被分布特征和生长规律进行了大量的研究，但大部分研究主要关注于气候和地形变化对植被的影响[15]，或不同植被类型对土壤的影响[16]，而对植被与土壤之间关系关注的较少，对明晰植被群落特征、演替过程与土壤理化性状变化之间的关系及作用机理带来了困扰。为此，本研究以东祁连山河谷高寒草地为对象，分析河谷的植被分布、生物量和生物多样性特征及土壤性状变化，探讨东祁连山河谷高寒草地植被群落特征与土壤性状之间的关系，以期为东祁连山地区河谷高寒草地植被群落与土壤之间互作机制及过程研究提供基础资料，也为该区域的植被恢复与利用及生态环境评价提供科学依据。

① 收稿日期：2019－06－21； 修订日期：2019－10－12
基金项目：国家自然科学基金项目（41661060）
作者简介：马瑞（1977－），女，博士，副教授，主要从事荒漠生态研究
通讯作者：赵锦梅. E-mail：zhaojm@gsau.edu.cn

1 研究区概况

研究区位于天祝高山草原实验站(102°29′~102°33′E,37°11′~37°13′N)。该区属大陆性高原季风气候,海拔2 900~4 300 m,气候寒冷潮湿,年平均气温-0.1 ℃,月平均最低气温-18.3 ℃(1月),最高气温12.7 ℃(7月),>0 ℃积温1 380 ℃;年日照时数2 600 h;降雨多为地形雨,集中于7、8、9月;年均降水量416 mm,年均蒸发量1 592 mm,为降水量的3.8倍;水热同期,气温变化大,无绝对无霜期,仅分冷热两季;区内土层较薄(40~80 cm),土壤从河漫滩,阶地至高山依次为亚高山草甸土,亚高山黑钙土,亚高山栗钙土,亚高山灌丛草甸土,高山灌丛草甸土[13]。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

根据研究区河谷阶地地形和地貌,选取了分布在海拔2 960~3 150 m范围内河谷山地阴坡和阳坡的上部、下部及河谷底端水平阶地共计5类不同植被类型的河谷高寒草地。研究采用样方法,依据同一坡位海拔一致的原则,在每个不同样地内随机设置3个10 m×10 m的样方进行研究。研究所选取的样地均为冬季牧场,放牧率在6.8头·hm^{-2}左右。研究样地受河谷地形的影响,位于阴坡样地的温度低于阳坡样地,各样地的降雨量基本一致。样地概况见表1。

2.2 群落特征调查

于8月生长稳定期,在5个不同植被类型的研究样地中分别设置10 m×10 m的3个调查样方,共计15个。在调查样方内测定灌木和草本植物的种类、高度、盖度、频度和生物量等群落特征。采用目测法测定植被总盖度。

2.3 地上和地下生物量测定

在对植被群落特征进行调查的同时测定地上和地下生物量。地上生物量测定采用收获法,齐地面分种剪草,称完鲜重后,带回实验室将材料分种置于干燥箱内,于65 ℃下烘烤12 h后称重。地下生物量的测定采用分层挖掘法。在每个样方内挖取体积为25 cm(长)×25 cm(宽)×10 cm(高)的土柱,分别取0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm和50~60 cm共计6层,每层3次重复。挖掘出的根系装入尼龙袋,置于流水中冲洗干净,拣出石砾和杂物,多次漂洗,除去附着的土壤后置于干燥箱内,于65 ℃下烘烤12 h后称重。

表1 样地概况

Tab.1 Survey of sample plots

样地类型	坡位	海拔/m	坡度/(°)
河谷阳坡山地	坡上部	3 150	21
	坡下部	3 050	15
河谷阴坡山地	坡上部	3 150	23
	坡下部	3 050	18
河谷水平阶地	-	2 960	2

2.4 土壤样品采集与测定

对不同样地用土钻采集土壤样品,土样共分0~10 cm、10~20 cm和0~30 cm 3层,每层3个重复;对同一样地采集的同一土层土样在去除植物根系和石块后,充分混匀制成混合土样,将土样装入布袋带回实验室,进行物理和化学性状的测定和分析。土壤含水量用烘干法;土壤全氮含量采用凯氏法;有机质含量采用重铬酸钾法。同时用土钻采集土样,每个样地内随机设置3个未被扰动的点挖土壤剖面,用容积为100 cm^3的环刀分别采集0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm共计3层土样,每层3个重复,采集土样带回实验室进行土壤容重和孔隙度测定。土壤容重和孔隙度用环刀法。

2.5 植物多样性计算

丰富度指数为物种数

Shannon-Wiener 多样性指数 $H=-\sum_{i=1}^{S}P_i(\ln P_i)$

Pielou 均匀度指数 $E=H/\ln S$

Simpson 优势度指数 $D=1-\sum P_i^2$

重要值=(相对盖度+相对高度+相对频度)/3

Margarlef 丰富度指数 $M_a=(S-1)/\ln N$

式中:S为样地中物种的总数;N_i为第i个物种的重要值;N为群落中全部物种的个体数;$P_i=N_i/N$。

2.6 数据处理

利用Excel和SPSS 13.0软件对数据进行统计分析。采用单因素多样本的方差检验,用Ducan进行多重比较分析。

3 结果与分析

3.1 植被群落特征

3.1.1 植被分布变化特征 从表2和表3可知,研究区不同坡向和坡位的高寒草地植被具有显著的变

表 2　高寒草地植被分布特征

Tab. 2　Characteristics of vegetation distribution of alpine grassland

样地类型	坡位	总盖度/%	草层平均高度/cm	主要物种数分布							优势种
				禾本科	豆科	菊科	蔷薇科	莎草科	蓼科	毛茛科	
河谷阳坡山地	坡上部	95.2	14.76	6	1	4	4	2	0	0	线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*) + 矮生嵩草(*Kobresia humilis*)
	坡下部	97.2	15.80	5	3	2	3	2	0	2	矮生嵩草(*Kobresia humilis*) + 披碱草(*Elymus dahuricus*)
河谷阴坡山地	坡上部	98.7	13.27	4	2	1	0	1	1	2	珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)
	坡下部	100	17.91	6	1	4	0	1	1	3	珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)
河谷底端水平阶地	-	96.3	7.24	4	2	3	2	1	0	0	矮生嵩草(*Kobresia humilis*) + 披碱草(*Elymus dahuricus*)

表 3　高寒草地主要植物种

Tab. 3　Main plant species of alpine grassland

样地类型	坡位	主要植物种
河谷阳坡山地	坡上部	矮生嵩草、线叶嵩草、扁蓿豆(*Melissitus ruthenicus*)、球花蒿(*Artemisia smithii*)、洽草(*Koeleria cristata*)、赖草(*Leymus secalinus*)、蝇子草(*Silene gallica*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、白花枝子花(*Dracocephalum heterophyllum*)、翻白委陵菜(*Potentilla discolor*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、高山棘豆(*Oxytropis alpina*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)
	坡下部	矮生嵩草、披碱草(*Elymus dahuricus*)、线叶嵩草、秦艽(*Gentiana macrophylla*)、扁蓿豆、平车前(*Plantago depressa*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、伞花繁缕(*Stellaria umbellata*)、婆婆纳(*Veronica didyma*)、蝇子草、狼毒、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、高山唐松草(*Thalictrum alpinum*)、高山豆(*Tibetia himalaica*)、白花枝子花、火绒草
河谷阴坡山地	坡上部	珠芽蓼、银莲花(*Anemone cathayensis*)、中国马先蒿(*Pedicularis chinensi*)、花苜蓿(*Medicago ruthenica*)、高山棘豆、草地早熟禾、草玉梅(*Anemone rivularis*)、中华羊茅(*Festuca sinensis*)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)、异燕麦(*Helictotrichon schellianum*)
	坡下部	珠芽蓼、银莲花、高山唐松草、洽草、草地早熟禾、草玉梅、蒲公英、棘豆、鹅观草、中国马先蒿、风毛菊、华丽龙胆(*Gentiana sino-ornata*)、中华羊茅、阴山扁蓿豆、火绒草
水平阶地	-	矮生嵩草、披碱草、火绒草、平车前、针茅(*Stipa capillata*)、球花蒿、二裂委陵菜、蒲公英、婆婆纳、草地早熟禾、狼毒

化特征。河谷山地阴坡植被的总盖度最高,而阳坡最低;草层高度最高的是河谷山地阴坡下部,最小的是位于河谷底端的水平阶地。高寒草地植物物种在河谷中主要以禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)、菊科(Compositae)、蔷薇科(Rosaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、蓼科(Polygonaceae)和莎草科(Cyperaceae)共计7科为主。受河谷地形条件的影响,河谷山地不同坡向和坡位的高寒草地植被分布也有差异,其中禾本科、豆科和菊科在河谷不同样地中均有分布,而蔷薇科在河谷山地的阴坡未见分布,毛茛科在河谷山地阳坡上部和河谷底端的水平阶地中也未见分布。

从物种数来看,河谷中分布的禾本科、豆科和菊科3科的植物种类最多,占总物种数的45.15%。尤其在河谷底端的水平阶地该3科植物分布的比例最高,达到了60.0%。从优势种来看,河谷山地阳坡上部主要以莎草科嵩草属(*Kobresia*)的线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*)和矮生嵩草(*Kobresia humilis*)为主;河谷山地阳坡下部和底端水平阶地则以莎草科嵩草属的矮生嵩草和禾本科披碱草属的披碱草(*Elymus*)为主;阴坡的坡上部和坡下部均以蓼科蓼属的珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)为主。

3.1.2　植物多样性变化特征　从表4可知,研究区高寒草地植物总科数在8~14间,总属数在14~24间,总种数在15~27间。位于河谷山地同一坡向高寒草地群落植物的总科数、总属数和总种数均表现出坡下部高于坡上部;但在不同坡向,河谷山地阴坡高寒草地植物的总科数、总属数和总种数均高于阳坡;位于河谷水平阶地的高寒草地植物总科数、总属数和总种数均低于其他样地。研究区物种丰富度和物种均匀度最高的是位于阴坡下部的高寒草地,阳坡下部的高寒草地次之,水平阶地的高寒草地最低;物种多样性最高的是位于阳坡下部高寒草地,阴坡下部高寒草地次之,最小的是位于阳坡上部的高寒草地。

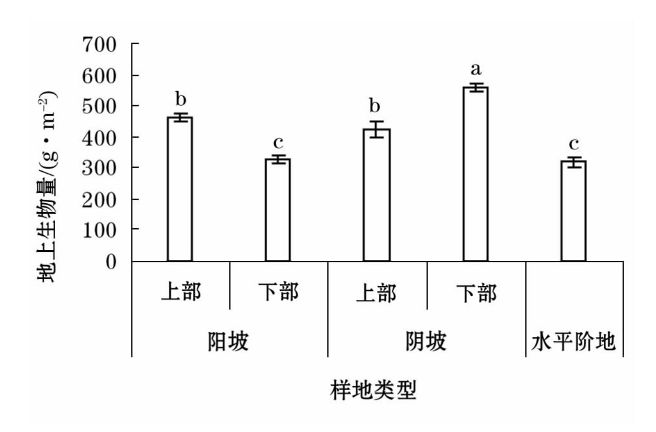
表 4　高寒草地植物多样性特征

Tab. 4　Characteristics of plant diversity of alpine grassland

样地类型	坡位	总科数	总属数	总种数	物种丰富度指数	物种多样性指数	物种均匀度指数
河谷阳坡山地	坡上部	11	18	22	4.328	1.781	0.576
	坡下部	13	22	25	4.829	2.225	0.691
河谷阴坡山地	坡上部	12	18	20	4.091	1.842	0.615
	坡下部	14	24	27	5.300	1.968	0.835
水平阶地	–	8	14	15	3.014	1.948	0.719

3.1.3　生物量变化　从图 1 看出,研究区地上生物量依次为:阴坡下部 > 阳坡上部 > 阴坡上部 > 阳坡下部 > 水平阶地。统计分析表明,位于同一坡向不同坡位的高寒草地地上生物量之间有显著差异($P<0.05$);水平阶地的高寒草地地上生物量除与阳坡下部的高寒草地之间没有显著差异外($P<0.05$),与其他样地之间均有显著差异($P<0.05$)。

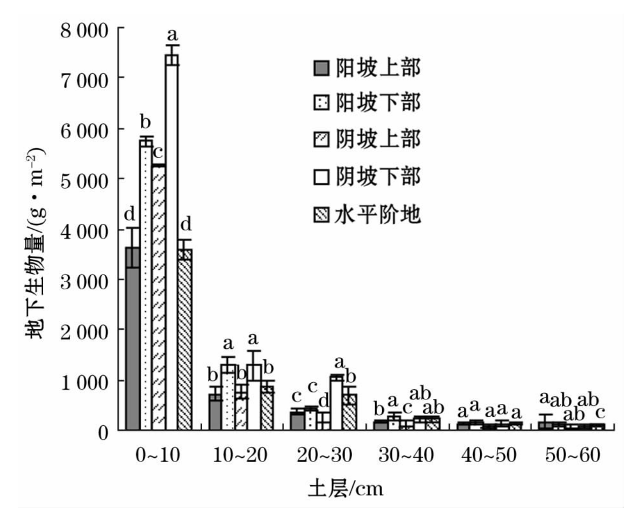
从图 2 和图 3 可知,研究区高寒草地地下生物量随着土壤深度的增加而逐渐减小,其中 0 ~ 10 cm 土层的地下平均生物量分别是 10 ~ 20 cm、20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm、40 ~ 50 cm 和 50 ~ 60 cm 土层的 5.2、9.5、26.6、41.3 倍和 52.1 倍。除 40 ~ 50 cm 土层外,不同立地条件下高寒草地的地下生物量间有显著差异($P<0.05$)。研究区 0 ~ 60 cm 土层的地下生物量依次为:阴坡下部 > 阳坡下部 > 阴坡上部 > 水平阶地 > 阳坡上部。统计分析表明,除位于水平阶地高寒草地的生物量与阳坡上部的高寒草地之间没有显著性差异外($P<0.05$),其余不同坡向和坡位的高寒草地地下生物量之间均有显著的差异($P<0.05$)。



注:不同字母表示在 5% 水平上差异显著($P<0.05$)。

图 1　高寒草地地上生物量特征

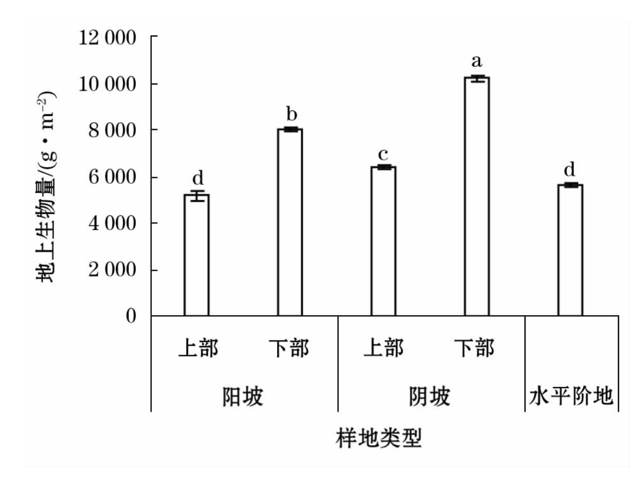
Fig. 1　Characteristics of aboveground biomass of alpine grassland



注:同一土层标有不同字母表示在 5% 水平上差异显著($P<0.05$)。

图 2　高寒草地不同土层地下生物量特征

Fig. 2　Characteristics of underground biomass of alpine grassland in different soil layers



注:不同字母表示在 5% 水平上差异显著($P<0.05$)。

图 3　高寒草地地下 0 ~ 60 cm 土层总生物量特征

Fig. 3　Characteristics of the total biomass of 0 – 60 cm underground in alpine grassland

3.2　土壤特征

从表 5 可知,研究区土壤含水量为河谷阴坡山地(54.247%) > 水平阶地(22.557%) > 河谷阳坡山地(22.382%);在同一坡面,下部土壤含水量高

于上部土壤含水率。土壤总孔隙度表现为：阳坡上部>水平阶地>阴坡下部>阳坡下部>阴坡上部。土壤容重为：水平阶地>阳坡下部>阳坡上部>阴坡下部>阴坡上部。土壤有机质含量最高的是水平阶地（106.794 g·kg^{-1}），河谷阴坡山地次之（97.005 g·kg^{-1}），最小的是河谷阴坡上部（48.619 g·kg^{-1}）。土壤全氮含量高的是水平阶地（3.182 g·kg^{-1}），河谷阳坡上部次之（2.097 g·kg^{-1}），最小的是河谷阴坡上部（1.783 g·kg^{-1}）。统计结果表明，研究区河谷不同高寒草地土壤性状之间有显著差异（$P<0.05$）。

3.3 草地植被群落特征与土壤性状的关系

植物群落的植被特征与环境之间存在一定的相互关系[17]。从表6可知，研究区土壤含水量和土壤总孔隙度均与植被总盖度呈显著正相关关系（$P<0.05$）。土壤容重与植被盖度有极显著负相关关系（$P<0.01$），与地下生物量有显著负相关关系（$P<0.05$）。土壤全氮含量与草层平均高度有极显著正相关关系（$P<0.01$），与总科数有显著正相关关系（$P<0.05$）。相关性分析结果表明，除以上土壤性状特征与植被群落特征之间有显著正相关或负相关关系外，其他特征之间也表现出了正相关或负相关

表5 高寒草地土壤特征

Tab.5 Characteristics of soil properties of alpine grassland

土层/cm	样地类型	坡位	含水量/%	总孔隙度/%	容重/(g·cm^{-3})	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})
0~10	河谷阳坡山地	坡上部	22.157±3.05c	63.004±3.69a	1.103±0.08a	111.583±2.25c	2.430±0.12c
		坡下部	27.042±1.05c	56.371±2.18b	1.072±0.06a	83.923±3.61d	2.410±0.01b
	河谷阴坡山地	坡上部	46.346±2.41b	54.863±3.92b	0.937±0.10b	83.130±1.86d	1.870±0.04c
		坡下部	67.830±2.22a	57.819±3.89ab	0.971±0.13b	144.280±0.17a	2.740±0.03b
	水平阶地	-	30.306±3.41c	57.341±2.87ab	1.149±0.08a	126.190±0.84b	3.680±0.01a
10~20	河谷阳坡山地	坡上部	17.980±2.21c	56.362±0.21a	1.139±0.01b	71.350±0.41c	2.050±0.05b
		坡下部	25.378±4.04c	50.981±2.63ab	1.202±0.09a	37.813±2.89d	1.650±0.10c
	河谷阴坡山地	坡上部	44.851±1.71b	45.677±3.96b	1.077±0.04b	32.734±0.60e	1.370±0.05d
		坡下部	66.697±2.48a	52.215±7.27ab	1.040±0.03b	80.837±0.94b	0.850±0.05e
	水平阶地	-	21.565±4.94c	58.087±1.38a	1.263±0.03a	101.857±2.63a	3.317±0.03a
20~30	河谷阳坡山地	坡上部	18.277±1.10c	55.490±4.35a	1.165±0.13ab	51.231±0.63c	1.810±0.03b
		坡下部	23.457±2.47c	51.896±2.50a	1.174±0.04ab	51.179±0.94c	1.450±0.05c
	河谷阴坡山地	坡上部	39.68±3.40b	38.081±1.85b	1.069±0.09b	29.993±1.77d	2.110±0.02b
		坡下部	60.078±1.09a	54.321±5.99a	1.101±0.02b	65.899±2.46b	1.820±0.05b
	水平阶地	-	15.801±4.04c	58.340±3.01a	1.306±0.04a	92.874±0.06a	2.550±0.05a
均值	河谷阳坡山地	坡上部	19.471±2.33c	58.285±4.11a	1.136±0.08a	70.009±5.72c	2.097±0.28b
		坡下部	25.292±1.79c	53.082±2.88a	1.150±0.08a	57.639±6.80d	1.837±0.44b
	河谷阴坡山地	坡上部	43.626±3.50b	46.207±8.40b	1.028±0.09b	48.619±6.48d	1.783±0.33c
		坡下部	64.868±4.19a	54.785±2.83a	1.038±0.09b	97.005±6.06b	1.803±0.82c
	水平阶地	-	22.557±7.30c	57.923±0.52a	1.239±0.05a	106.794±14.99a	3.182±0.50a

注：同一土层标有不同字母表示在5%水平上差异显著（$P<0.05$）。

表6 草地植被群落特征与土壤性状相关系数

Tab.6 Correlation coefficient between vegetation community characteristics and soil properties

	总盖度	草层平均高度	总科数	总属数	总种数	物种丰富度指数	物种多样性指数	物种均匀度指数	地上生物量	地下生物量
含水量	0.953*	0.537	0.658	0.636	0.535	0.584	-0.032	0.663	0.753	0.801
总孔隙度	0.581*	0.204	0.426	0.196	0.117	0.178	0.039	0.164	-0.032	0.172
容重	-0.758**	-0.705	-0.783	-0.615	-0.597	-0.662	0.232	-0.096	-0.746	-0.514*
有机质	0.010	0.355	0.405	0.181	0.237	0.263	0.045	0.660	0.117	0.159
全氮	0.514	0.902**	0.930*	0.797	0.826	0.858	0.112	0.053	0.534	0.521

注：*代表显著水平为0.05，**代表显著水平为0.01。

关系,但相关性不显著。

4 讨 论

群落物种多样性是决定植物群落主要生态功能和过程的关键因素[18]。对植被分布产生影响的因素有很多,但在同一自然环境和气候条件下,海拔、坡向和坡度等改变了光照、温度、水分、土壤养分等生态因子,成为了影响植被分布的主要因子[19],进而对植被的分布和特征产生重要影响[20-21]。本研究区为高寒地区,河谷地形复杂,其土壤和植被受地形变化的影响极为显著[22]。研究表明,研究区河谷高寒草地不同坡向和坡位土壤性状有显著的差异,土壤性状的差异也对植被群落特征造成了显著的影响。对该区植被分布特征研究表明,阳坡上部以线叶嵩草为主,而阳坡下部和水平阶地以线叶嵩草和披碱草为主;阴坡上部和下部均以珠芽蓼为主。且禾本科、豆科、菊科、蔷薇科和毛茛科等植物在不同样地中的分布特征也不尽相同。可见,位于河谷位置高寒草地不仅优势种植物具有一定的差异,而且非优势种植物的分布亦具有显著的变化特征。由此分析认为,研究区立地条件变化对研究区高寒草地的植被分布具有显著的影响,这一研究结果与杨士俊等[23]的研究结果一致。

物种多样性是生物多样性的重要组成部分,其反映了生物之间及其与环境之间的复杂关系[24]。地理环境、土壤环境以及干扰强度等因素均会对植物的多样性产生影响[25]。研究区同一坡面的下部与上部的土壤理化性状有显著的差异,这些差异对物种多样性特征产生了重要的影响。阳坡和水平阶地土壤水分含量较阴坡低,生境较阴坡干燥,进而限制了阳坡和水平阶地植物的分布,因此其植物多样性较阴坡差。研究区地上生物量和地下生物量均为阴坡下部最高,水平阶地的地上生物量最小,阳坡上部的地下生物量最小。分析认为,在研究区阴坡下部湿润生境和土壤条件更适宜于植被的分布与生长,其植被总盖度、草层平均高度等特征最优,从而形成了阴坡下部地上和地下生物量显著最高的特征。

在草地生态系统中,环境对植被的群落组成、结构、功能、分布及生物量等均有影响[26]。在众多环境因子中,土壤作为植物生存的重要因子之一,对植物群落特征有直接的影响[27],同时植被的种类、生长状况、植被对土壤不同营养元素的吸收情况等亦会对土壤产生重要的影响。研究表明,植被和土壤在不同的坡向、坡位和土层均表现出了不同的性状特征。植被群落特征表现为覆盖度高、生物量大、总科数高等特征时,土壤性状则相应表现为含水量高、容重小、总孔隙度大、有机质含量高等特征。经过相关性分析表明,研究区河谷高寒草地土壤性状和植被群落特征有密切的相关关系,其中土壤含水量、容重、孔隙度和全氮等指标与植被总盖度、地上生物量、总科数、草地平均高度等有显著或极显著的相关关系,其他植被与土壤之间也存在一定的正相关或负相关关系,但相关性不显著,这一研究结果与汝海丽等[28]的研究结果一致。

5 结 论

河谷高寒草地植被群落和土壤性状在不同坡向、坡位和土层表现出了不同的性状特征。河谷山地阳坡上部以线叶嵩草为主,阳坡下部和水平阶地以线叶嵩草和披碱草为主;河谷山地阴坡上部和下部均以珠芽蓼为主;其他植物在河谷中的分布特征也不尽相同。土壤含水量在河谷阴坡山地最高,河谷阳坡山地最小;水平阶地的土壤容重、有机质和全氮含量最高。河谷山地阴坡下部气候和土壤等给植被的分布、生长和发育提供了较好的条件,表现为植被盖度、高度、多样性及生物量等特征最优。研究区土壤含水量、容重、孔隙度和全氮含量等性状与河谷高寒草地植被群落的盖度、生物量和丰富度等植被特征之间有密切的相关关系,可见,河谷高寒草地上述土壤性状与植被群落特征之间相互影响最为显著。

参考文献(References):

[1] 于顺利,马克平,徐存宝,等.环境梯度下蒙古栎群落的物种多样性特征[J].生态学报,2004,24(12):2932-2939.[Yu Shunli,Ma Keping,Xu Cunbao,et al. The species diversity characteristics comparison of *Quercus mongolica* community along environmental gradient factors[J]. Acta Ecologica Sinica,2004,24(12):2932-2939.]

[2] 范永刚,胡玉昆,李凯辉,等.不同干扰对高寒草原群落物种多样性和生物量的影响[J].干旱区研究,2008,25(4):531-536.[Fan Yonggang,Hu Yukun,Li Kaihui,et al. Effects of different disturbances on the diversity and biomass of the phytobiocoenoses in Apline Steppes[J]. Arid Zone Research,2008,25(4):531-536.]

[3] Rajaniemi T K. Explaining productivity-diversity relation-ships in plants[J]. Oikos,2003,101(3):449-457.

[4] 杨阳,刘秉儒. 宁夏荒漠草原不同群落生物多样性与生物量关系及影响因子分析[J]. 草业学报,2015,24(10):48－57. [Yang Yang,Liu Binru. Impact factors and relationships between biodiversity and biomass of different communities in the desert steppe of Ningxia,China[J]. Acta Prataculturae Sinica,2015,24(10):48－57.]

[5] Gong X,Brueck H,Giese K M,et al . Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin,Inner Mongolia,China[J]. Journal of Arid Environments,2008,72(4):483－493.

[6] 山丹,朱媛君,王百竹,等. 呼伦贝尔沙地北部沙带植物群落分布格局与土壤特性的关系[J]. 中国沙漠,2020,40(1):145－155. [Shan Dan,Zhu Yuanjun,Wang Baizhu,et al. Relationship between plant community distribution pattern and soil characteristics in Northern sand belt of Hulunbuir Sandland[J]. Journal of desert research,2020,40(1):145－155.]

[7] 陈海存,李晓东,李凤霞,等. 黄河源玛多县退化草地土壤温湿度变化特征[J]. 干旱区研究,2013,30(1):35－40. [Chen Haicun,Li Xiaodong,Li Fengxia,et al. Change of soil temperature and soil moisture content in typical degenerated steppe in Maduo County in the Headstream Region of the Yellow River[J]. Arid Zone Research,2013,30(1):35－40.]

[8] 柳妍妍,胡玉昆,王鑫,等. 天山南坡中段高寒草地物种多样性与生物量的垂直分异特征[J]. 生态学报,2013,32(2):311－318. [Liu Yanyan,Hu Yukun,Wang Xin,et al. Vertical differentiation of plant species diversity and biomass in alpine grassland in the middle section of Tianshan Mountains southern slope,Xinjiang of Northwest China[J]. Acta Ecologica Sinica,2013,32(2):311－318.]

[9] 杨瑞红,王新军. 伊犁河谷山地北坡土壤特性及植被群落多样性垂直分布格局[J]. 水土保持研究,2016,23(6):32－39,44. [Yang Ruihong,Wang Xinjun. Vertical distribution of vegetation patterns and soil properties at the Northern slope of Ili River Valley[J]. Research of Soil and Water Conservation,2016,23(6):32－39,44.]

[10] 孙宗玖,安沙舟,段姣姣. 围栏封育对新疆蒿类荒漠草地植被及土壤养分的影响[J]. 干旱区研究,2009,26(6):877－882. [Sun Zongjiu,An Shazhou,Duan Jiaojiao. Effect of enclosure on vegetation and soil nutrient of sagebrush desert grassland in Xinjiang[J]. Arid Zone Research,2009,26(6):877－882.]

[11] 徐明,张健,刘国彬,等. 不同植被恢复模式沟谷地植被－土壤系统耦合关系评价[J]. 自然资源学报,2016,31(12):2137－2146. [Xu Ming,Zhang Jian,Liu Guobing,et al. Analysis on vegetation-soil coupling relationship in gullies with different vegetation restoration patterns[J]. Journal of Natural Resources,2016,31(12):2137－2146.]

[12] 刘晓丽,刘艺杉,孙立强,等. 松嫩中部草地退化对植被和土壤特性的影响[J]. 草业科学,2018,35(10):2347－2353. [Liu Xiaoli,Liu Yishan,Sun Liqiang,et al . Effect of grassland degradation on vegetation and soil properties in the middle of the Songnen Plain[J]. Pratacultural Science,2018,35(10):2347－2353.]

[13] 赵锦梅,赵晶忠,耿妍,等. 祁连山东段不同高寒灌丛草地土壤性状特征变化[J]. 草地学报,2014,22(5):991－997. [Zhao Jinmei,Zhao Jingzhong,Geng Yan,et al. Characteristics of soil properties of different alpine shrub grasslands in eastern Qilian Mountains[J]. Acta Agrestia Sinica,2014,22(5):991－997.]

[14] 王国宏,任继周,张自和. 河西山地绿洲荒漠植物群落种群多样性研究Ⅰ. 生态地理及植物群落的基本特征[J]. 草业学报,2001,10(1):1－12. [Wang Guohong,Ren Jizhou,Zhang Zihe. A study on the population diversity of plant community in Hexi mountain-oasis-desert area Ⅰ General features[J]. Acta Prataculturae Sinica,2001,10(1):1－12.]

[15] 牛钰杰,周建伟,杨思维,等. 坡向和海拔对高寒草甸山体土壤水热和植物分布格局的定量分解[J]. 应用生态学报,2017,28(5):1489－1497. [Niu Yujie,Zhou Jianwei,Yang Siwei,et al. Quantitative apportionment of hill aspect and altitude to soil moisture and temperature and plant distribution on alpine meadow[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2017,28(5):1489－1497.]

[16] 白晓,张兰慧,王一博,等. 祁连山区不同土地覆被类型下土壤水分变异特征[J]. 水土保持研究,2017,24(2):17－25. [Bai Xiao,Zhang Lanhui,Wang Yibo,et al. Variations of soil moisture under different land use and land cover types in the Qilian Mountain,China[J]. Research of Soil and Water Conservation,2017,24(2):17－25.]

[17] 杜峰,梁宗锁,徐学选,等. 陕北黄土丘陵区撂荒草地群落生物量及植被土壤养分效应[J]. 生态学报,2007,27(5):1674－1683. [Du Feng,Liang Zongsuo,Xu Xuexuan,et al. The community biomass of abandoned farmland and its effects on soil nutrition in the Loess Hilly Region of Northern Shaanxi,China[J]. Acta Ecologica Sinica,2007,27(5):1674－1683.]

[18] 张钦弟,卫伟,陈利顶,等. 黄土高原草地土壤水分和物种多样性沿降水梯度的分布格局[J]. 自然资源学报,2018,33(8):1351－1362. [Zhang Qindi,Wei Wei,Chen Liding,et al. Spatial variation of soil moisture and species diversity patternsalong a precipitation gradient in the grasslands of the loess plateau[J]. Journal of Natural Resources,2018,33(8):1351－1362.]

[19] 汝海丽,张海东,焦峰,等. 黄土丘陵区微地形对草地植物群落结构组成和功能特征的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(1):25－32. [Ru Haili,Zhang Haidong,Jiao Feng,et al. Impact of micro-landform on grassland plant community structure and function in the hilly Loess Plateau region,China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2016,27(1):25－32.]

[20] 王兴,宋乃平,杨新国,等. 荒漠草原植物多样性分布格局对微地形尺度环境变化的响应[J]. 水土保持学报,2016,30(4):274－328. [Wang Xing,Song Naiping,Yang Xinguo,et al. The response of spatial pattern of plant diversity to environmental factors in the scale of micro-landform in desert steppe[J]. Journal of Soil and Water Conservation,2016,30(4):274－328.]

[21] 戴丽,罗格平,许文强,等. 天山北坡三工河流域高山林线植被与土壤的关系[J]. 干旱区研究,2016,33(4):780－788. [Dai Li,Luo Geping,Xu Wenqiang,et al. Relationship between alpine timberline vegetation and soil in the Sangong River basin on northern slope of the Tianshan Mountaions[J]. Arid Zone Research,2016,33(4):780－788.]

[22] 董云龙,张德罡,陈建刚,等.东祁连山高寒草地不同生境条件下植物群落结构特征及多样性比较——以甘肃省天祝抓喜秀龙乡为例[J].草地学报,2014,22(3):481 - 487. [Dong Yunlong,Zhang Degang,Chen Jiangang,et al. Comparison of community structure and biodiversity of alpine meadow at different habitats in Eastern Qilian Mountains:A case study in Zhuaxixiulong township of Tianzhu County,Gansu Province[J]. Acta Agrestia Sinica,2014,22(3):481 - 487.]

[23] 杨士梭,温仲明,苗连朋,等.黄土丘陵区植物功能性状对微地形变化的响应[J].应用生态学报,2014,25(12):3413 - 3419. [Yang Shisuo,Wen Zhongming,Miao Lianpeng,et al. Responses of plant functional traits to micro-topographical changes in hilly and gully region of the Loess Plateau,China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2014,25(12):3413 - 3419.]

[24] 董世魁,汤琳,张相锋,等.高寒草地植物物种多样性与功能多样性的关系[J].生态学报,2017,37(5):1472 - 1483. [Dong Shikui,Tang Lin,Zhang Xiangfeng,et al. Relationship between plant species diversity and functional diversity in alpine grasslands[J]. Acta Ecologica Sinica,2017,37(5):1472 - 1483.]

[25] 温璐,董世魁,朱磊,等.环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响[J].生态学报,2011,31(7):1844 - 1854. [Wen Lu,Dong Shikui,Zhu Lei,et al. The effect of natural factors and disturbance intensity on spacial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow[J]. Acta Ecologica Sinica,2011,31(7):1844 - 1854.]

[26] 贾文雄,刘亚荣,张禹舜,等.祁连山草甸草原物种多样性和生物量与气候要素的关系[J].干旱区研究,2015,32(6):1167 - 1172. [Jia Wenxiong,Liu Yarong,Zhang Yushun,et al. Species diversity and biomass of meadow steppe in Qilian Mountains and their relationships with climate factors[J]. Arid Zone Research,2015,32(6):1167 - 1172.]

[27] 白可喻,戎郁萍,杨云卉,等.北方农牧交错带草地生物多样性与草地生产力和土壤状况的关系[J].生态学杂志,2013,32(1):22 - 26. [Bai Keyu,Rong Yuping,Yang Yunhui,et al. Relationships between grassland biodiversity and primary productivity and soil condition in farming-pastoral regions of northern China[J]. Chinese Journal of Ecology,2013,32(1):22 - 26.]

[28] 汝海丽,张海东,焦峰,等.黄土丘陵区微地形对草本群落特征与土壤水分及养分关系分析[J].草地学报,2016,24(4):776 - 782. [Ru Haili,Zhang Haidong,Jiao Feng,et al. Relation analysis of herbaceous community characteristics and soil moisture and nutrients on micro-scale topography typical section in hilly loess plateau region,China[J]. Acta Agrestia Sinica,2016,24(4):776 - 782.]

Relationship between the grassland and soil conditions in the Eastern Qilian Mountains

MA Rui, ZHAO Jin-mei

(*College of Forestry*,*Gansu Agricultural University*,*Lanzhou* 730070,*Gansu*,*China*)

Abstract: This study explored the relationship between the characteristics of the grassland and soil conditions in the Eastern Qilian Mountains. We selected grass and soil from five areas of the mountain valley: the upper shady slope, lower shady slope, upper sunny slope, lower sunny slope and level terraces. Results showed that each site harbored different dominating species; the sunny slope was dominated by *Kobresia* sedges and the shady slope was dominated by the *Polygonaceae* flowering plants. Total vegetation coverage was greatest on the sunny slope weakest on the shady slope; grassland height was tallest on the lower shady slope and shortest on the horizontal terrace; the number of genera and species on the lower shady slopes were higher than those on the upper sunny slopes. The biomass above the ground, from greatest to least, was as follows: bottom shady slope > upper sunny slope > upper shady slope > bottom sunny slope > horizontal terraces. Through an examination of 60 cm deep soil, the underground biomass was found to be: bottom shady slope > bottom sunny slope > upper shady slope > horizontal terraces > upper sunny slope. Both the biomass and soil conditions at each site significantly differed ($P < 0.05$). There were significant correlations and interactions between characteristics of the soil (i. e., moisture content, bulk density, porosity, and total nitrogen content) and the grassland (i. e., total vegetation coverage, biomass above the ground, grassland heights, and number of genera and species present). Therefore, these results indicated that aboveground soil characteristics were key factors that affected the quality of the grassland.

Key words: alpine grassland; vegetation community; soil characteristics; correlational relationship; Qilian mountains